

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-131139

(P2002-131139A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード(参考)
G 0 1 J 9/02		G 0 1 J 9/02	2 F 0 6 4
G 0 1 B 9/02		G 0 1 B 9/02	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 8 頁)

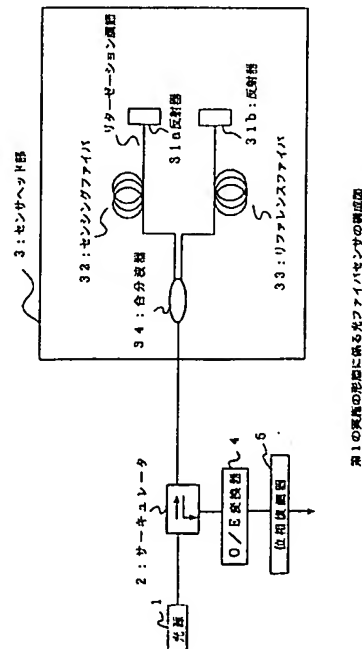
(21)出願番号	特願2000-324211(P2000-324211)	(71)出願人	000000295 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
(22)出願日	平成12年10月24日(2000.10.24)	(72)発明者	佐藤 隆 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気 工業株式会社内
		(72)発明者	小原 茂樹 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気 工業株式会社内
		(74)代理人	100061273 弁理士 佐々木 宗治 (外3名) Fターム(参考) 2F064 AA00 AA11 FF01 GG02 GG17 GG23 GG24 HH05

(54)【発明の名称】 光ファイバセンサ並びに光ファイバの調節方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 複数の光路を伝搬するレーザ光同士の偏光状態の差をできるだけ小さくし、偏光状態が安定した光ファイバセンサ等を得る。

【解決手段】 複数の光路を伝搬したレーザ光が干渉等により合成したときに、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節した光ファイバを用いて物理量を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の光路を伝搬したレーザ光が合成したときに、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節した光ファイバを用いて物理量を測定することを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項2】 前記光ファイバの長さを調節してリターゼーションの差を調節することを特徴とする請求項1記載の光ファイバセンサ。

【請求項3】 前記光ファイバの形を変形してリターゼーションの差を調節することを特徴とする請求項1記載の光ファイバセンサ。

【請求項4】 前記光ファイバの屈折率を調節してリターゼーションの差を調節することを特徴とする請求項1記載の光ファイバセンサ。

【請求項5】 前記光ファイバの屈折率分布を調節してリターゼーションの差を調節することを特徴とする請求項1記載の光ファイバセンサ。

【請求項6】 変調したレーザ光を送出する光源部と、測定対象の物理量に応じて、光路となる長さを変化させるセンシング用光ファイバを有し、該センシング用光ファイバを伝搬したレーザ光の光路と基準のレーザ光の光路とのリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節しておき、前記光源部から送出されたレーザ光を前記センシング用光ファイバに透過し、基準のレーザ光と干渉させるセンサ部と、前記干渉させたレーザ光を電気信号に変換する光-電気変換部と、前記電気信号に基づいて前記物理量を算出する復調部とを備えたことを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項7】 複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値をほぼ全ての偏光状態に対して算出する工程と、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍にするため、前記偏光状態の差の最大値が0となるように前記光路となる光ファイバを調節する工程とを有することを特徴とする光ファイバの調節方法。

【請求項8】 レーザ光を送出する光源部と、前記レーザ光のほぼ全ての偏光状態をつくりだすための偏波回転部と、複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値を算出する偏光状態演算部とを備え、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍にするため、前記偏光状態の差の最大値が0となるように前記光路となる光ファイバを調節することを特徴とする光ファイバの調節装置。

【請求項9】 レーザ光を送出する光源部と、前記レーザ光のほぼ全ての偏光状態をつくりだすための偏波回転部と、

複数の光路を伝搬したレーザ光が干渉した光の波形を監視するための波形測定部とを備え、

復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍にするため、前記干渉した光の波形の振幅変動幅が0となるように前記光路となる光ファイバを調節することを特徴とする光ファイバの調節装置。

【請求項10】 前記光ファイバの長さを調節して前記光ファイバの調節を行うことを特徴とする請求項8又は9記載の光ファイバの調節装置。

【請求項11】 前記光ファイバの形を変形して前記光ファイバの調節を行うことを特徴とする請求項8又は9記載の光ファイバの調節装置。

【請求項12】 前記光ファイバの屈折率を調節して前記光ファイバの調節を行うことを特徴とする請求項8又は9記載の光ファイバの調節装置。

【請求項13】 前記光ファイバの屈折率を調節するために紫外線を照射することを特徴とする請求項12記載の光ファイバの調節装置。

【請求項14】 前記光ファイバの屈折率分布を調節して前記光ファイバの調節を行うことを特徴とする請求項8又は9記載の光ファイバの調節装置。

【請求項15】 前記光ファイバの屈折率分布を調節するために、前記光ファイバに応力を加えて歪ませ、紫外線を照射することを特徴とする請求項14記載の光ファイバの調節装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は干渉型光ファイバセンサ及びその製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】特開平8-7928号公報及び特開平9-196748号には、測定する物理量に基づいて光ファイバの長さが変化し、位相差も変化するレーザ光同士を干渉させ、その位相差に基づいて物理量を測定する干渉型光ファイバセンサ及びその復調装置に関する一般的なものが記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】単一モードファイバを用いて干渉型光ファイバセンサを構成した場合、光ファイバの歪み（機械的な変形）等で復屈折の強さが変化する。そのため、干渉する2つのレーザ光の偏光状態がそれぞれ異なってしまう。これは2つの被干渉光の偏光状態が一致していない状態である。このとき干渉度が低下してセンサの感度及び信号対雑音比（SNR）が低下する。また、偏光状態の差に変動がある場合には、その変動に関連したノイズが発生してしまう。

【0004】特開平9-196748号に示す位相復調器では感度の変化を抑えることはできるが、信号対雑音比が低下する問題と偏光状態の差の変動に関連したノイズの発生問題等は残されたままである。ここで、定偏波

ファイバを用いれば干渉光の偏光状態を常に一致させることができるが、そのために高いコストを費やすことになる。

【0005】そこで、複数の光路を伝搬するレーザ光同士の間で偏光状態の差をできるだけ小さくし、偏光状態が安定した光ファイバセンサ等の実現が望まれていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光ファイバセンサは、複数の光路を伝搬したレーザ光が合成したときに、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節した光ファイバを用いて物理量を測定するものである。本発明においては、物理量を測定するための光ファイバセンサにおいて、干渉等により複数の光路を伝搬したレーザ光が合成したときに、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節した光ファイバを用いてSNRを高くし、雑音発生を抑えるものである。

【0007】また、本発明に係る光ファイバの調節方法は、複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値を全ての偏光状態に対して算出する工程と、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍にするため、偏光状態の差の最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節する工程とを有している。本発明においては、全ての偏光状態に対して、複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値を算出する。そして、その最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節することで、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるようにする。

【0008】また、本発明に係る光ファイバの調節装置は、レーザ光を送出する光源部と、レーザ光の全ての偏光状態をつくりだすための偏波回転部と、複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値を算出する偏光状態演算部とを備え、復屈折の強さを表す指数である光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍にするため、偏光状態の差の最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節するものである。本発明においては、偏波回転部が光源部から送出されたレーザ光から全ての偏光状態をつくりだし、それらの偏光状態の差の最大値を偏光状態演算部が算出する。その最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節し、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるようにする。

$$\begin{bmatrix} E_{x0} \\ E_{y0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{j\frac{\delta}{2}} & 0 \\ 0 & e^{-j\frac{\delta}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{xI} \\ E_{yI} \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

【0014】本実施の形態では、センシングファイバ32側の光路のリターゼーション $\delta_s$ とリファレンスファイバ33側の光路のリターゼーション $\delta_r$ とが、次式(2)で表される式を満たすように調節する。この調節※

$$\delta_s - \delta_r \approx 2\pi N \quad (N \text{ は整数}) \quad \dots (2)$$

【0015】したがって、干渉する2つのレーザ光の偏

\* ションの差が $2\pi$ の整数倍になるようにする。

【0009】

【発明の実施の形態】実施形態1. 図1は本発明の第1の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図である。図において、1は光源であり、例えばFM変調を施したレーザ光を送出する。2はサーキュレータである。サーキュレータ2にあるそれぞれのポートは、ある特定の方向に光を伝達する。3はセンサヘッド部である。センサヘッド部3は、反射器31a、31b、センシングファイバ32、リファレンスファイバ33、合分波器34で構成されている。合分波器34で分岐されたレーザ光が、それぞれセンシングファイバ32及びリファレンスファイバ33を伝搬する。ここで、センシングファイバ32の長さが測定対象の物理量に基づいて変化するため、反射器31aにより反射される光もそれにより位相が変化する。そのため、反射器31a、反射器31bにより反射され、センシングファイバ32及びリファレンスファイバ33を通過して、合分波器34により再度合成された干渉光も変化する。

【0010】4はO/E変換器である。O/E変換器4は、干渉光の強さ（以下、干渉出力という）を電気信号に変換する。5は位相復調器である。位相復調器5は電気信号に基づいて復調を行い、位相差を算出する。

【0011】第1の実施の形態においては、偏光状態が安定した光ファイバセンサを得るために、センシングファイバにおける光路のリターゼーションとリファレンスファイバ33における光路のリターゼーションとの差を $2\pi$ の整数倍（又はそれに近い状態）にし、干渉度を大きくした干渉出力が得られるようにする。

【0012】次に第1の実施の形態の光ファイバセンサの動作について説明する。光ファイバ等の復屈折性を有する光路を伝搬した光の偏光状態は、ジョーンズベクトルにより次式(1)で表される。ここで、 $E_{xI}$ 及び $E_{yI}$ は、入力光電界のX成分とY成分であり、 $E_{x0}$ 及び $E_{y0}$ は、出力光電界のX成分とY成分である。また、 $\delta$ はリターゼーションである。リターゼーションとは復屈折の強さを表す指数のことである。

【0013】

【数1】

※は第3の実施の形態以降で説明するが、センシングファイバ32の一部分に対して変化を加えることで調整を行ってもよいし、全体に対して変化を加えて調節を行ってもよい。

光状態がほぼ一致し（Nが奇数の場合には位相が反転す

るものの偏光状態は同一である)、干渉度がほぼ最大で安定した干渉出力が得られる。したがってSNRが大きくなる。この干渉出力がO/E変換部4に入力され電気信号に変換される。そして、その電気信号に基づいて復調部5が、測定対象の物理量を算出する。

【0016】以上のように第1の実施の形態によれば、センシングファイバにおける光路のリターゼーションとリファレンスファイバ33における光路のリターゼーションとの差を $2\pi$ の整数倍にできるだけ近い状態にし、干渉度を大きくした干渉出力が得られるようにしたので、ノイズの発生を抑え、SNRを大きくすることができ、精度の高い物理量の測定を行うことができる。

【0017】実施形態2。図2は本発明の第2の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図である。図2において、図1と同じ図番を付しているものは、第1の実施の形態で説明したことと同様の動作を行うので説明を省略する。図において、光源1Aはパルス状のレーザ光を送出する。リファレンスファイバ33Aは、リファレンスファイバ33と同様の光ファイバであるが、センサヘッド部3にはなく、光源1とサーキュレータ2との間に設けられている。そして、分波器6により分波された光源1Aからのレーザ光を通過させ、遅延させる。そして、合波器7において光源1Aから送出されたレーザ光とリファレンスファイバ33Aを伝搬して遅延したレーザ光とが合成される。ここで、合波器7で合成される2つのレーザ光の偏光状態がほぼ一致するように構成する。

【0018】また、3Aはセンサヘッド部である。図2のように部分反射器36、センシングファイバ32、反射器31aの順に設けられている。部分反射器36は、入力されるレーザ光の一部を反射し、残りを透過する素子である。このような部分反射器として、例えばファイバ・ブラッグ・グレーティング(FBG)がある。ここでセンシングファイバ32を往復する光路におけるリターゼーションが、 $2\pi$ (rad)(1波長分)の整数倍になるように調節する。また、図2に記載している英字は光路を表す。

【0019】第2の実施の形態においては、2つの光路を通過するレーザ光を合成する場合に、それぞれのレーザ光の偏光状態を一致させておくようにあらかじめ調節しておくようにしてものである。

【0020】次に第2の実施の形態の光ファイバセンサの動作について説明する。光電部1Aから送出されたパルス状のレーザ光は、分波器6において、2つの光路を伝搬してサーキュレータ2に入力される。1つは、合波器7、サーキュレータ2を伝搬する光路である(光路A-B-D)。もう1つは、リファレンスファイバ33A、合波器7、サーキュレータ2を伝搬する光路である(光路A-C-D)。この光路はリファレンスファイバ33Aを伝搬する分だけ光路が長くなり、遅延すること

になる。これらは合波器7で合成され、サーキュレータ2に入力されることになる。

【0021】サーキュレータ2はセンサヘッド3にそのレーザ光を透過する。そのレーザ光は、一部(リファレンスファイバ33Aを伝搬して遅延したパルス部分)は部分反射器36で反射され、サーキュレータ2に入力される(光路E-F-E)。残りは、センシングファイバ32を伝搬し、反射器31aで反射され、サーキュレータ2に入力される(光路E-F-G-F-E)。センシングファイバ32を伝搬しても、リターゼーションが $2\pi$ (rad)の整数倍であるので、偏光状態を同一にすることができる。

【0022】サーキュレータ2は、O/E変換器4にそのレーザ光を透過する。O/E変換器4には、光路A-B-D-E-F-G-F-E-Hを伝搬したレーザ光と光路A-C-D-E-F-E-Hを伝搬したレーザ光とが干渉出力として入力され、電気信号に変換される。そして、その電気信号に基づいて復調部5が、測定対象の物理量を算出する。

【0023】以上のように第2の実施の形態によれば、分波器6と合波器7との間及び部分反射器36及び反射器31aとの間のレーザ光の偏光状態を一致させておくようにあらかじめ調節しておくようにしたので、ノイズの発生を抑え、SNRを大きくすることができ、精度の高い物理量の測定を行うことができる。

【0024】実施形態3。図3は本発明の第3の実施の形態に係る光ファイバ調節装置を表すブロック図である。図3において、図1又は図2と同じ図番を付しているものは、第1の実施の形態又は第2の実施の形態で説明したことと同様の動作を行うので説明を省略する。図において、10は測定部であり、光ファイバの偏光状態調節するための測定を行う。測定部10は、光電部1A、サーキュレータ2、偏波回転器11、偏波分光器12、O/E変換器4及び偏光状態演算器13で構成される。偏波回転器11は、光源1Aから送出されるレーザ光を回転させ、偏光状態を調節するためのものである。偏波分光器12はサーキュレータ2からの干渉出力に基づいて、偏光状態演算器13が演算を行うのに必要なパラメータを出力する。偏光状態演算器13は偏光状態を算出し、2つのパルス状レーザ光の偏光状態の差を算出する。ここで、センシングファイバ32については、反射器31aと部分反射器36との間の長さを変えられるものとする。

【0025】ここで、第2の実施の形態で説明した分波器6と合波器7との間の光ファイバ(光路B及びCの光ファイバ)やマッハ・ツェンダ干渉計のようにレーザ光の入出力の位置が異なる場合がある。このような場合、サーキュレータ2、センサヘッド3Aの代わりに、偏波回転器11からのレーザ光をリターゼーション調節対象の光干渉計に直接入力するようにする。また、リターゼ

ーション調節対象の光干渉計を伝搬したレーザ光を直接偏波分光器12に入力するようにする。そして、少なくとも一方の(両方でもよい)干渉計のアームとなる光ファイバの長さを変えられるようにしておく。

【0026】第3の実施の形態は、光路が2つ以上のレーザ光を合成させる場合に、リターゼーションが $2\pi$ (rad)の整数倍になるように調節装置により、あらかじめ調節し、上述の実施の形態のような偏光状態が安定した光ファイバセンサを製造しようとするものである。

【0027】次に調節動作について説明する。光源1Aから送出されるパルス状のレーザ光を偏波回転器11で回転させ、ほぼ全ての偏光状態を表すようにする。部分反射器36で反射された分のパルス及びセンシングファイバ32を伝搬して反射器31aで反射され、再度センシングファイバ32を伝搬した分のパルスとの2つのパルス光が偏波分光器12に入力される。そして、このパルス光に基づいて最終的に偏光状態演算器13では偏光状態の差を算出し、その最大値を決定する。そして、この最大値が0に近い値となるようにセンシングファイバ32の長さを調節する。このとき、センシングファイバ32を往復する光路(部分反射器36と反射器31aとの間)におけるリターゼーションが、 $2\pi$ (rad)の整数倍になる。

【0028】以上のように第3の実施の形態によれば、偏光状態演算器13が算出した偏光状態の差の最大値を0にするようにセンシングファイバ32の長さを調節するようにし、部分反射器36と反射器31aとの間におけるリターゼーションが $2\pi$ (rad)の整数倍となるように調整するようにしたので、偏光状態が安定した光ファイバセンサを得ることができる。

【0029】実施形態4. 図4は本発明の第4の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。図4において、図3と同じ図番を付しているものは、第3の実施の形態で説明したことと同様の動作を行うので説明を省略する。図4において、センシングファイバ32Aは、反射器31aと部分反射器36との間の長さを変えられない代わりに光ファイバの形を変形できるもの(例えば曲げ半径をかえる)とする。

【0030】調節動作については、第3の実施の形態とほぼ同じであるので説明を省略する。ただ、第3の実施の形態と異なる点は、センシングファイバ32Aの変形によって偏光状態の差の最大値が0に近い値となるように調節する点である。

【0031】以上のように第4の実施の形態によれば、偏光状態演算器13が算出した偏光状態の差の最大値を0にするようにセンシングファイバ32の形を変形するようにし、部分反射器36と反射器31aとの間におけるリターゼーションが $2\pi$ (rad)の整数倍となるように調整するようにしたので、偏光状態が安定した光フ

ファイバセンサを得ることができる。

【0032】実施形態5. 図5は本発明の第5の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。図5において、図3と同じ図番を付しているものは、第3の実施の形態で説明したことと同様の動作を行うので説明を省略する。図5において、20は紫外線光源部である。紫外線光線部20は、光ファイバの屈折率を変化させることができる紫外線をセンシングファイバ32Bに照射するためのものである。また、センシングファイバ32Bは、反射器31aと部分反射器36との間で、紫外線を照射されることで屈折率が変化する。

【0033】調節動作については、第3の実施の形態とほぼ同じであるので説明を省略する。ただ、第3の実施の形態と異なる点は、センシングファイバ32Aに紫外線光源20からの紫外線を照射して屈折率を変え、偏光状態の差の最大値が0に近い値となるように調節する点である。

【0034】以上のように第5の実施の形態においては、偏光状態演算器13が算出した偏光状態の差の最大値を0にするようにセンシングファイバ32の屈折率を変化するよう紫外線を照射し、部分反射器36と反射器31aとの間におけるリターゼーションが $2\pi$ (rad)の整数倍となるように調整するようにしたので、偏光状態が安定した光ファイバセンサを得ることができる。

【0035】実施形態6. 図6は本発明の第6の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。図6において、図1、図3及び図5と同じ図番を付しているものは、第1、第3及び第5の実施の形態で説明したことと同様の動作を行うので説明を省略する。図6において、測定部10Aは、偏波分光器12及び偏光状態演算器13の代わりに波形測定器14を設けた点で測定部10とは異なる。14は例えば波形測定器である。O/E変換器4が変換した干渉出力の電気信号に基づいて干渉出力の測定を行う。21は応力発生器である。応力発生器21は、センシングファイバ32Bに対して径方向に不均一な歪みを加えるものである。その歪みを加えた状態で紫外線を照射すると光ファイバの屈折率分布が変わる。

【0036】第6の実施の形態においては、センシングファイバ32Bを伝搬したレーザ光とリファレンスファイバ33を伝搬したレーザ光とによる干渉出力の変動幅を0にするように、応力発生器21によりセンシングファイバ32Bに対して径方向に不均一な歪みを加え、紫外線光源20により紫外線を照射して光ファイバの屈折率分布を変えるようにしたものである。

【0037】次に調節動作について説明する。光源1Aから送出されるレーザ光を偏波回転器11で回転させ、ほぼ全ての偏光状態を表すようにする。合分波器34で分岐されたレーザ光が、それぞれセンシングファイバ3

2及びリファレンスファイバ33を伝搬する。波形測定器14は、反射器31a、反射器31bにより反射され、センシングファイバ32B及びリファレンスファイバ33を通過して、光カブラ34により再度合成された干渉出力振幅の変動幅を測定する。その測定結果として、応力測定器21によりセンシングファイバ32Bの径方向に不均一な歪みを加える。そこに紫外線を光源20により照射して光ファイバの屈折率分布を変え、干渉出力振幅の変動幅をほぼ0にする。このとき、センシングファイバ32Bとリファレンスファイバ33の光路におけるリターゼーションの差が $2\pi$ (rad)の整数倍になる。

【0038】以上のように第6の実施の形態においては、センシングファイバ32Bを伝搬したレーザ光とリファレンスファイバ33を伝搬したレーザ光とによる干渉出力の変動幅を0にするように、応力発生器21によりセンシングファイバ32Bに対して径方向に不均一な歪みを加え、紫外線光源20により紫外線を照射して光ファイバの屈折率分布を変えるようにしたので、偏光状態が安定した光ファイバセンサを得ることができる。

【0039】実施形態7、上述の第1の実施の形態では、センサヘッド部3にマイケルソン型光ファイバ干渉計を用いたが、これに限定されるものではなく、例えばマッハ・ツェンダ型干渉計、ファブリ・ペロー型干渉計等を用いてもよい。

【0040】実施形態8、また、上述の第2の実施の形態では、センサヘッド部3Aとしてファブリ・ペロー型干渉計を用いたが、これに限定されるものではなく、例えばマッハ・ツェンダ型干渉計、マイケルソン型干渉計等を用いてもよい。また、リファレンスファイバ33Aの部分については、マッハ・ツェンダ型を用いたが、これに限定されるものではなく、マイケルソン型、ファブリ・ペロー型等を用いてもよい。

【0041】実施形態9、上述の第2の実施の形態では、リファレンスファイバ33A、分波器6及び合波器7については、光源1Aとサーキュレータ2との間に設けるようにしたが、これをサーキュレータ2とO/E変換器4との間に設けるようにしてもよい。

【0042】実施形態10、上述の第3の実施の形態～第6の実施の形態では、それぞれ長さ、形状、屈折率、屈折率分布の調節による光ファイバ調節について述べたが、これらを組み合わせて調節を行ってもよい。

【0043】実施形態11、上述の第3の実施の形態～第5の実施の形態において、測定部10の代わりに測定部10Aを用いてもよい。また、第6の実施の形態において、測定部10Aの代わりに測定部10を用いてもよい。

【0044】実施形態12、また、上述の実施の形態では、センシング用の光ファイバを調節してリターゼーションの調節を行うようにしたが、これをリファレンス用

の光ファイバを調節することにより行うようにしてもよい。また、双方の光ファイバを調節してリターゼーションの調節を行ってもよい。

【0045】実施形態13、また、上述の実施の形態ではサーキュレータ2を用いて説明しているが、これを光カブラを代用することも可能である。

【0046】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、干渉等により複数の光路を伝搬したレーザ光が合成したときに、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるように調節した光ファイバを用いてSNRが高く、雑音発生が抑えられた光ファイバセンサにより物理量を測定するようにしたので、精度の高い測定を行うことができる。

【0047】本発明においては、ほぼ全ての偏光状態に対して、複数の光路を伝搬したレーザ光の偏光状態の差の最大値を算出し、その最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節することで、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるようにしたので、SNRが高く、雑音発生が抑えられた光ファイバを得ることができ、精度の高い光ファイバセンサを得ることができる。

【0048】また、本発明によれば、偏光状態演算部が算出した偏光状態の差の最大値が0となるように光路となる光ファイバを調節し、光路のリターゼーションの差が $2\pi$ の整数倍になるようにしたので、SNRが高く、雑音発生が抑えられた光ファイバを得ることができ、精度の高い光ファイバセンサを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。

【図4】本発明の第4の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。

【図5】本発明の第5の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。

【図6】本発明の第6の実施の形態に係る光ファイバ調節装置の構成図である。

【符号の説明】

1、1A 光源

2 サーキュレータ

3、3A センサヘッド部

31a、31b 反射器

32、32A、32B センシングファイバ

33、33A リファレンスファイバ

34 合分波器

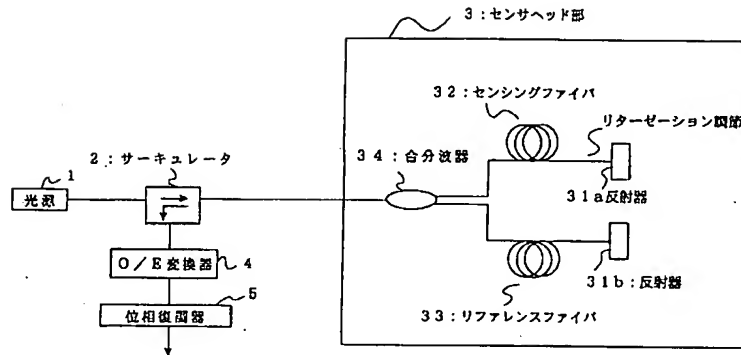
36 部分反射器

4 O/E変換器

5 位相復調器  
10 測定部  
11 偏波回転器  
12 偏波分光器

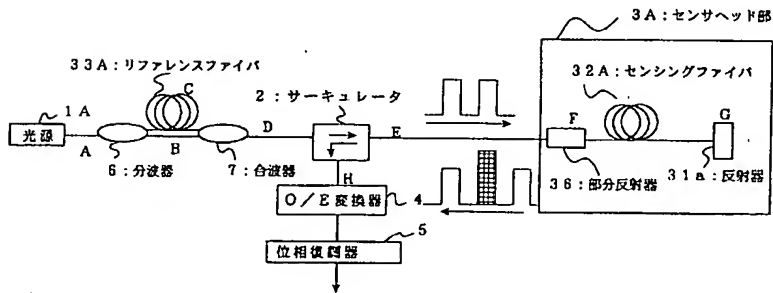
\* 13 偏光状態演算器  
14 波形測定器  
20 紫外線光源  
\* 21 応力発生器

【図1】



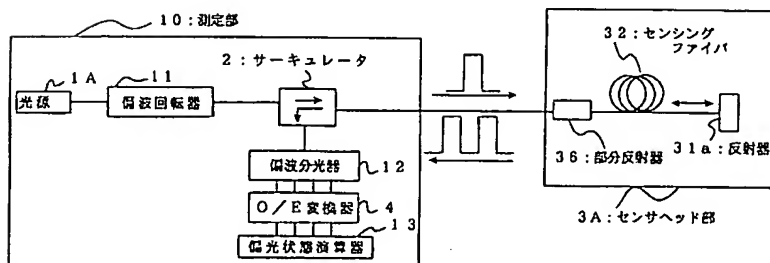
第1の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図

【図2】



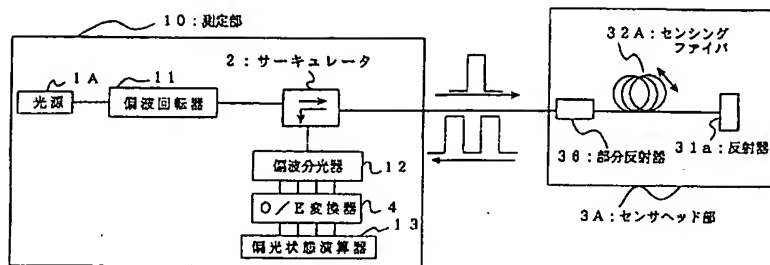
第2の実施の形態に係る光ファイバセンサの構成図

【図3】



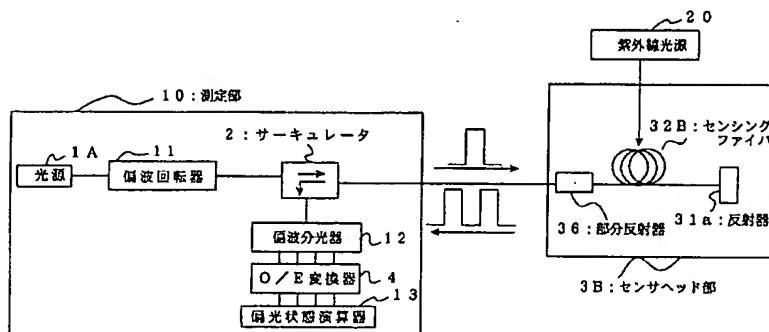
第3の実施の形態に係る光ファイバ測定装置の構成図

【図4】



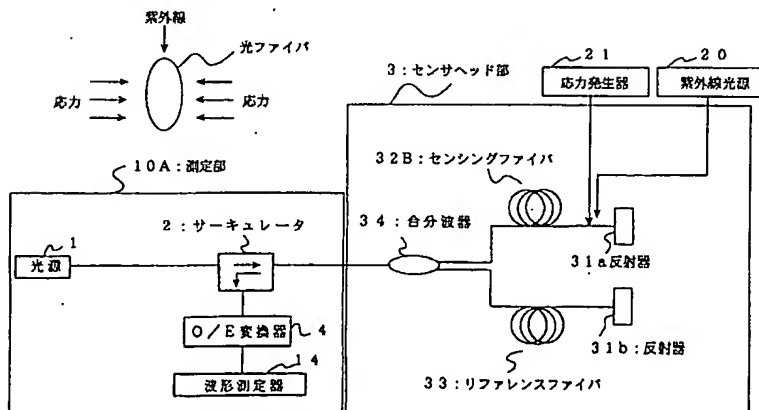
第4の実施の形態に係る光ファイバセンサ装置の構成図

【図5】



第5の実施の形態に係る光ファイバセンサ装置の構成図

【図6】



第6の実施の形態に係る光ファイバセンサ装置の構成図